

지난 3년간 BIM 적용을 통한 교훈



글 이 강 \ 연세대학교 건축공학과 교수 \ 전화 02-2123-5786 \ E-mail glee@yonsei.ac.kr



1. 5년 후 건설시장은 BIM이 지배한다

상하이 타워의 프로젝트 매니저인 첸 질리양은 한 인터뷰(봉승권, 2011)에서 “5년 후 건설시장은 BIM이 지배한다”고 말하여 화제가 되었다. 그럼, 중국의 BIM 도입 현황은 어떻게 현재 어떤 노력을 하고 있을까? 첸 질리양은 현재 중국은 BIM의 필요성에 대한 전반적인 인식은 확산되어 있고, 법적, 제도적 기반을 마련 중이라고 하였다. 우리나라의 상황은 어떻게?

우리나라도 많은 전문가들이 5년에서 10년 뒤에는 BIM이 일반화될 것이며, BIM을 제대로 활용하지 않는 업체는 현재의 치열한 경쟁에서 도태될 수밖에 없을 것이라고 얘기한다. 실무경력이 많은 베테랑들의 BIM을 바라보는 시각은 또 많이 다르다. 가장 흔하게 들을 수 있는 의견들은 다음과 같다.

“지금처럼 건물 지어도 다 지을 수 있고 아무 문제없다.”

“BIM을 도입하면 좋을 것 같지만, 현실과 괴리감이 크다.”

“좋은 것은 알겠지만 공기와 공사비에 여유가 없다.”

과연 건설시장은 현재처럼 해도 아무 문제가 없는가? 점점 국제 건설시장이 무한경쟁으로 넘어갈 수밖에 없는 상황에서 단순히 주어진 공사비와 공기내에 건물을 짓는 것만이 중요한 게 아니고, 기술력을 바탕으로 부가가치를 높일 수 있는 건설수익구조와 기술력을 확보하는 게 중요하다.

그러나 현재 국내외 많은 건설관련 지표들이 한국건설의 낙후성을 보여주고 있으며(이강, 2011a), 몇 년째 이어지는 국내외 시장의 불경기로 많은 프로젝트들이 중단되거나 취소되어 중견 건설업체들이 계속 도산하고 있다(이진우, 2011). 게다가 국내 건설시장이 포화상태라 앞으로 건설사들은 건설 프로젝트의 약 40%를 해외

시장에서 수주하겠다고 하지만, 목표달성이 쉬워 보이지 않는다. 건설시장에도 이견희 회장의 '샌드위치론'이 그대로 들어맞는다. 중국이 밑에서 올라오고 선진국들은 기술력으로 내리누른다. 아직도 국내 건설사들이 상대적으로 저가이면서도 짧은 공기 내에 공사를 마칠 수 있다는 것을 장점으로 수주를 하고 있지만, 이러한 수주방식은 건설기술자들의 무리한 야근과 희생을 동반할 수밖에 없고, 아랍에미리트 원자력발전소 건설 프로젝트와 같이 초대형 프로젝트를 수주하더라도 수익성에 대한 논란을 불러올 수밖에 없다.

삼우종합건축사사무소의 손명기 대표는 BIM 정책 방향에 대한 기고문(손명기, 2008)에서 ‘Refabricating Architecture(Kieran and Timberlake 2003)’의 저자 중 하나인 제임스 팀버레이크를 인용하여 건설업계의 현실을 얘기한다.

“건축가들은 협력적으로 생각하는 방식을 배우지 못했다. 그저 설계를 완성하는 데 관심이 있을 뿐이다. 1950년대의 자동차 업계가 그랬다. 설계자는 차 뒤꽂무니까지 모든 것을 설계했으며 도면이 완성돼 생산팀에 전달돼도 실제 생산시설에서는 잘 들어맞지 않았다. 현재 자동차 업계는 개선안을 마련했지만 아직 건축 업계는 아직도 제자리걸음이다.”

정부는 여러 대책을 고심하다, 지난 2010년 4월 15일 건설산업의 효율성 및 경쟁력 강화를 목표로 BIM의 단계적 도입계획을 발표하였다. 그 내용은 널리 알려진 대로 다음과 같다.

“2010년에는 1~2건의 대형 공사에 BIM을 시범적용하고, 2011

년에는 3~4건으로 확대한 뒤, 2012년부터는 ‘토털 서비스 (Total Service)’ 대상 500억 이상인 턴키·설계공모 공사에 BIM 적용을 의무화한다. 2013년~2015년에는 ‘토털 서비스 (total service)’ 적용 대상인 500억 이상의 건축공사에 모두 도입함은 물론 4D 설계관리시스템도 구축한다.

단계적 적용 확대 절차를 거친 이후 2016년에는 모든 공공시설 물 공사에 BIM 적용을 확대한다. 공사관리는 물론 공사 계약·총사업비 검토 등에서 BIM을 적극 활용해, 시설사업 혁신 및 재정 집행관리 강화를 추구한다. - 조달청 2010. 4. 15.”

위의 국내 BIM 기반 공공발주 건설사업에 대한 계획은 어느 날 갑자기 발표한 것이 아니라, 2008년 이후 여러 차례의 시범사업을 통해 그 가능성 및 도입방법 검토 등을 통하여 이루어졌다. 지금까지 검토되거나 수행된 BIM 기반 공공발주 건설사업 목록을 정리하면 <표 1>과 같다.

이러한 프로젝트들을 통하여, BIM 기반 건설사업의 평가방법에 대한 많은 시행착오와 논의가 있었다. 초기에는 구체적인 BIM 적용 항목마다 개별점수를 주던 것을, 후에는 국제표준정보모델인 IFC로 제출된 BIM 모델이 설계 요구조건 만족 여부를 자동으로 검토하는 것으로 단순화 하였다. 이 과정에서 BIM 인력양성, 제도적 문제 등 국가적 차원에서 다루어져야 할 여러 가지 문제점도 제기되었다. 다음 절에서는 어떠한 문제점과 과제들이 나타났으며 이에 대해 어떠한 준비가 필요한지에 대해 논하려고 한다.

2. 지난 3년간의 BIM 적용을 통한 교훈

2008년 이후 지난 몇 년간 국내 BIM 도입과정에서 시행착오를 거치면서, BIM이 성공적으로 정착되기 위해서 국가정책과 제도에 BIM이 어떻게 반영되어야 하는지에 대한 많은 제언들이 있었다 (김우영, 2010; 김우영, 2011; 김인한, 2009; 김인한, 2010; 김재준, 2010; 남기범 외, 2010; 박정욱 외, 2009; 손명기, 2008; 송설민 외, 2010; 이태열, 이강, 2010).

약간씩의 차이는 있으나, BIM 전문가들이 얘기하는 국가 또는 건설산업이 준비해야 사항들에는 공통된 부분이 있으며, 그 내용을 정리하면 다음 <표 2>와 같다. 다음은 각 내용에 대한 구체적인 설명이다.

2-1. 건설업계의 BIM 도입 필요성에 대한 공감대 형성을 위한 노력

BIM이 성공적으로 도입되기 위해서는 먼저 건설산업계 전반의 BIM 도입 필요성에 대한 공감대 형성이 필요하다. 그러지 않고서는 BIM도 그저 또 하나의 유행으로 끝날 수가 있다. 건설산업 전반에 BIM 도입 필요성 및 개념, 방법에 대한 공감대 형성을 위해서는 국가, 산업계, 학계가 모두 노력해야 할 부분이다.

2-2. 건설산업 전반적인 BIM 도입 로드맵

우리나라가 2016년까지 단계적으로 BIM을 도입하겠다는 계획이

표 1 국내 주요 BIM 기반 공공발주 건설사업(이강, 2011b)

발주처	시기	프로젝트 내용
청와대	2008년 2월	교육원 이전사업 추진과정에서 공공기관 최초로 BIM 적용 검토
한국토지주택공사	2008년 7월	양주화천지구 A-1BL 현상설계
	2009년 7월	파주운정3지구 현상설계
국방부	2008년 8월	000사업 설계용역
용인시	2009년 4월	용인시민체육공원 턴키발주
행복도시건설청(세종시)	2008년 12월	북한커뮤니티 설계
	2009년 4월	동대문역사문화공원(동대문디자인 플라자&파크)
서울시	2009년 9월	BIM 기술 도입방안 추진 발표 상암동 IT 콤플렉스 건립공사 BIM 설계 시범 적용 후 확대 적용
	2009년 9월	지하복합진료공간 턴키발주
강릉시	2009년 12월	강릉아트센터 임대형 민간투자시설사업 턴키발주
전력거래소	2010년 4월	전력거래소 본사 사옥 신축 설계경기
한국토지주택공사	2010년 5월	울산다운2지구, 위례신도시 A2-4블록 현상설계
한국토지주택공사	2010년 7월	인천검단A7-2블록, 화성동탄2지구 A81블록 현상설계
문화체육관광부	2011년 2월	경기도 고양시 디지털방송콘텐츠지원센터

국가차원의 BIM 도입 로드맵의 대표적인 예이다. BIM 도입 로드맵은 BIM 도입에 있어서 각 시기별 이정표(milestone)를 제시해 주기 때문에, 이에 맞추어 BIM 도입을 준비하는 입장에서는 각 시기별 목표에 대한 내용이 구체적일수록 준비하기가 용이해진다. 이러한 구체적인 BIM 도입 로드맵의 구성에는 많은 노력과 노후가 필요하다. 건설기술연구원이나 건설산업연구원과 같은 연구기관에서 진행하거나 국책과제로 발주를 하여 진행할 수 있겠다. 로드맵 작성 작업은 단순히 몇 번의 전문가 자문회의만을 거쳐 만들어져서는 안되며, 객관적인 BIM 환경 및 국내외 건설시장에 대한 분석을 바탕으로 만들어져야겠다.

2-3. 정보표준분류체계의 활성화, BIM 소프트웨어간 호환성 문제, IFC 활성화 방안

BIM을 효율적으로 활용하기 위해서는 다양한 분야 실무자들의 적극적인 참여가 필요하다. 각 실무자간 원활한 정보교환을 위해서는 각 실무자들이 사용하는 소프트웨어간 데이터 호환이 원활하여야 할 것이다.

IFC(Industry Foundation Classes)는 음악의 MP3 파일포맷과 같이 건설정보 호환을 위한 국제표준 건설정보 포맷이다. 그러나 소리라는 하나의 정보를 담고 있는 MP3 파일과 달리, 건설정보는 매우 복잡한 내용을 담고 있어서 IFC를 사용한다고 모든 건설정보가 100% 호환되는 것도 아니다. 그러나 한 가지 오해하면 안 되는 것은, 현재 데이터 호환문제가 해결이 안 되어 BIM 기반 프로젝트가 수행이 안되는 경우는 거의 없다는 것이다.

BIM 프로젝트가 진행이 안 되는 이유는 프로젝트 참여자가 서로 배타적인 입장을 취하여 서로 정보를 주지 않으려고 한다거나, 초기 BIM 수행계획이 명확하지 않아 BIM수행이 공사와 무관하게 진행되는 경우 등 더 원초적인 문제들이 있다. 물론 정보호환 문

제 때문에 낭비하는 시간과 노력을 줄이고, 업무의 효율성 증대를 위해서는 소프트웨어간 호환성 문제는 반드시 개선되어야 하며, 지속적으로 해결해 나가야 할 과제이다.

2-4. BIM 적용 지침 또는 가이드 마련

지침이나 가이드는 '최고의 업무수행 방법(best practices)'을 모은 것이다. BIM 지침은 BIM을 효과적으로 도입하는 방법에 관한 것을 모은 것이다. 현재 빌딩스마트협회나 가상건설연구단 등과 같은 여러 조직에서 BIM 지침을 만들고 있다. 초기 지침들은 BIM과 관련한 개념정이나 상위지침을 담고 있었는데, 이제는 그 내용이 점차 구체적인 실무방법에 대한 내용으로 넘어가고 있다. 아직 BIM의 적용 역사가 길지 않기 때문에, 지금까지 작성된 BIM 지침의 내용이 다 최선이라고 할 수는 없다. 앞으로 시행착오를 거쳐 더욱 더 개선되고 실무에 도움이 되는 BIM 지침이 나와야 할 것이다. 이를 위해서는 실무진들의 노하우 공유와 기록이 매우 중요하다 하겠다.

2-5. BIM 인력/그룹 준비, 교육

BIM 도입이 활성화 되면서 BIM에 대한 정확한 이해와 활용을 할 수 있는 능력을 가진 사람들에 대한 수요가 늘고 있다. 이러한 사람들은 단순히 BIM 소프트웨어 활용 능력뿐만 아니라, BIM을 도입함으로써 각 프로젝트에서 최고의 이익을 창출할 수 있는 방법을 아는 사람들이다. 산업계와 학계는 이러한 사람들을 배출하기 위한 많은 노력과 투자가 필요하다.

2-6. 건설산업에서의 분야간 협업 활성화 방안 마련

어떤 유형의 프로젝트라도 참여자들의 협업이 원활하게 이루어질 수 있다면, 매우 성공적인 결과를 얻을 수 있다. BIM을 활용하면

표 2 BIM 정착을 위해 국가 또는 건설산업이 준비해야 할 일

항목	출처
건설업계의 BIM 도입 필요성에 대한 공감대 형성을 위한 노력	김우영(2010), 박정욱 외(2009)
건설산업 전반적인 BIM 도입 로드맵, 파일럿 프로젝트의 추진	김우영(2010), 김인한(2009), 김재준(2010)
정보표준분류체계의 활성화, BIM 소프트웨어간 호환성 문제, IFC 활성화 방안	김우영(2010), 김인한(2009, 2010), 박정욱 외(2009)
BIM 적용 지침 또는 가이드 마련	김우영(2010), 김인한(2009), 김재준(2010), 박정욱 외(2009)
BIM 인력/그룹 준비, 교육	박정욱(2009), 손명기(2008), 이태열 외(2010)
건설산업에서의 분야간 협업 활성화 방안 마련	박정욱(2009), 송설민 외(2010)
BIM 도입 초기비용 및 위험부담 경감, 인센티브, 용역대가 기준 마련	남기범 외(2010), 김우영(2010), 김인한(2010), 박정욱 외(2009)
BIM 발주사업 평가를 위한 성과지표 마련	김우영(2010)
단순하며 일관성 있는 도면표현 방법으로서의 전환	김인한(2010), 손명기(2008), 채갑수(2010)

이러한 협업의 효과는 배가 된다. 기존의 많은 BIM기반 프로젝트 사례에서 참여자들이 BIM을 적용함으로써 가장 많은 혜택을 보았다고 공통적으로 말하는 것이 바로 BIM을 통한 의사결정 도출 과정, 즉 협업이라고 말한다. 이렇게 BIM을 활용한 협업방식의 최고수준이라고 할 수 있는 것이 IPD(Integrated Project Delivery)이다.

IPD(AIA 2007; Sive and Hays 2009)는 계약방식의 하나로, 가능한 프로젝트 초기에 많은 참여자가 참여하여, 초기에 목표한 예산 내에서 최고 품질의 설계를 만들어 내는 것을 목표로 한다. 불필요한 작업과 오류의 감소로 발생하는 이윤을 참여자간 나누는 방식도 계약의 일부로 포함된다. 송철민 외(2010)가 전문가 인터뷰를 통하여 뽑아낸 국내 IPD 도입에 있어서 장애요인은 다음과 같다.

- ① 시공과 설계의 계약적 분리
- ② 참여자간 상이한 요구조건으로 프로젝트 공동 목표 설정의 어려움과 인식 부족
- ③ 주요 참여자와 협력자간 계약조건의 불평등

이러한 문제들은 참여자간의 이해문제가 걸려 있기 때문에 쉽게 풀 수 있는 문제가 아니다. 현재 해외에서도 모든 프로젝트에 IPD 도입이 가능한 것이 아니다. 장기적인 비전을 가지고 서두르지 말고 한 단계 한 단계씩 현명한 해법을 찾아가야 할 것이다.

2-7. BIM 도입 초기비용 및 위험부담 경감, 인센티브, 용역대가

회사들의 BIM 도입 초기의 비용과 위험부담 경감을 위해 국가적인 지원이 필요한가에 대해서 찬반논란이 크다. 찬성하는 쪽은 BIM을 하게 되면 설계나 엔지니어링 업체들은 별도의 시간 투자가 많아질 수밖에 없고, 따라서 이에 대한 용역 대가나 인센티브가 필요하다는 것이다. 다른 이유로는 특히 BIM 도입 초기에 많은 시간과 비용이 투입되게 되는데, 설계나 엔지니어링 업체는 이러한 여력이 없기 때문에 인센티브가 필요하다는 것이다. 별도의 용역 대가 지급 등에 대해 반대하는 쪽은 BIM을 제대로 활용할 경우, 궁극적으로 설계사나 엔지니어링사도 혜택을 보기 때문에 별도의 지원이 필요 없다는 논리다.

가장 기본이 되는 단위는 개인 차원의 보상이다. 개인 차원의 보상 방법의 가장 간단한 예로는 능력별 연봉제를 들 수 있다. 능력별로 연봉이나 직급이 주어질 수 있다면, 최고의 건축가와 엔지니어가 되고자 하는 사람들이 나올 수 있다. 그러나 지금과 같이 나

이와 경력에 의존해서 연봉이 결정되는 문화가 지배적이면, 최고의 건축가와 엔지니어가 나오기 어렵다.

최근 많이 고민하는 문제 중의 하나는 과연 우리나라 건설업계에서 '나이를 초월한 능력별 연봉' 지급이 가능한가이다. 요즘 각 회사마다 BIM 능력이 뛰어난 사람을 찾는다. 그러나 사람이 없다고 한다. 뛰어난 사람을 찾기 어려운 것도 맞지만, 그러한 사람이 있어도 과연 파격적인 대우로 영입을 하려고 할까 의문이다.

BIM용역비를 이 문제와 연관지어 생각해 볼 수 있다. BIM을 도입함으로써 설계사나 엔지니어링사에 초과비용이 지급 된다면, 그 비용에 대해서 적절한 서비스를 제공해야 하는 것을 원칙으로 해야 한다. BIM을 도입한 것만으로 무조건 돈을 더 주어서는 안 되겠다. BIM을 활용하여 더 나은 서비스를 제공하려면, 그렇게 할 수 있는 사람이 필요하다. 기업들이 지금보다 더 사람 욕심을 냈으면 한다. 그리고 사람평가와 보상에 있어서 냉정했으면 한다. 그래야 국제적인 수준의 전문가가 나오고 국제경쟁력이 생긴다. 어느 정도를 받는 것이 합리적인가는 답이 없다. 시행착오를 거치며, BIM 적용사업을 지속적으로 모니터링 하여야만 알 수 있을 것이다.

2-8. BIM 발주사업 평가를 위한 성과지표 마련

국가건 회사건 BIM 발주사업의 성공 여부를 평가하기 위해서는 성과지표 설정개발과 분석이 필요하다. 특히 회사는 이윤 추구를 목표로 한다. 성과지표 관리를 하지 않고서는 지속적인 투자 없이는 '좋은' BIM 성과지표 개발이 쉽지 않으므로 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 좋은 성과지표에 대한 정의는 연구자마다 의견이 다를 수 있다. 실무에서 이중 작업 없이 얻을 수 있는 데이터를 이용하여 개발한 지표 중, 누구나 쉽게 인정할 수 있는 지표가 좋은 성과지표라고 생각한다. 이러한 BIM 성과지표의 개발이 필요하다.

2-9. 단순하며 일관성 있는 도면표현 방법으로의 전환

BIM을 사용하면 도면이 사라질 것이라는 견해가 있지만, 생각이 다르다. 종이에 인쇄된 도면의 사용이 줄 수 있다. 그러나 복잡한 형태의 2차원적인 표현으로서의 도면은 사라지지 않을 것이라고 본다. 왜냐하면 도면표기법은 수세기에 걸쳐 시행착오를 통해 복잡한 형상을 단순화하게 표현하는 방법을 개발한 것이기 때문이다. 그러나 국내 도면 표기법에는 여러 가지 문제가 있다. 채갑수(2010)는 해외의 선진설계사와 국내 주요 설계사의 도면표기법을 비교 연구하였다. 채갑수는 국내의 중복적이거나 과도한 도면 표

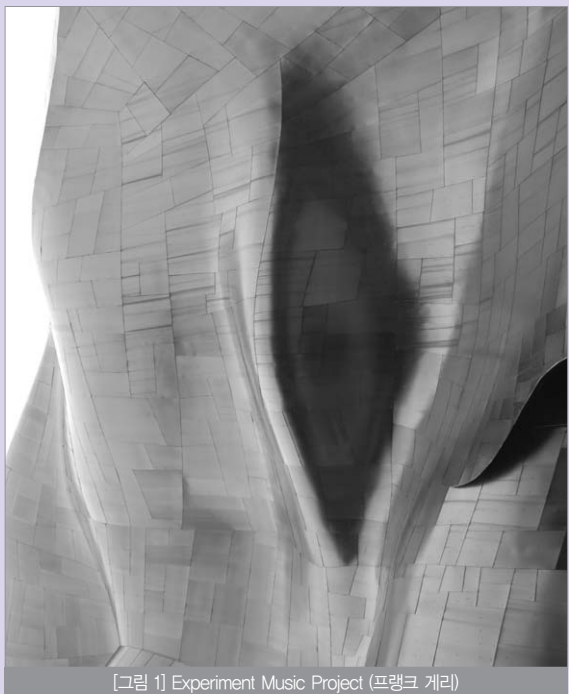
현 방법과 도면별 필수 표현 항목이 명확하게 정의되지 않은 점 등이 설계 변경 시 도면간 불일치를 쉽게 발생시키고, 도면생성 자동화를 어렵게 하여, 궁극적으로 도면 품질저하를 일으키게 된다고 지적하였다. BIM을 도입함으로써 쉽게 만들어낼 수 있는 3차원 투시도의 적극적인 반영 등을 통하여 도면 사용자들이 보다 쉽게 도면의 내용을 이해할 수 있는 방법 등도 적극적으로 도입하여야 한다.

3. 결론

지금까지 2008년 이후 BIM 도입과정에서 나타난 여러 문제와 제안들에 대하여 살펴보았다.

BIM이 국내건설현장에 도움이 되기 위해서는 정부나 건설산업 전체의 노력도 중요하다. 그러나 아무리 정부가 정책을 잘 수립하여도, 개개인의 역량 강화나 BIM에 대한 인식의 전환 없이는 BIM에 대해 큰 기대를 하기 어렵다. 왜냐하면 결국 개인 하나하나의 능력과 노력이 모여 하나의 프로젝트를 형성하기 때문이다. 거꾸로 산업체는 이러한 능력에 대한 보상을 해줄 수 있어야만 국내에서도 세계 최고의 엔지니어나 BIM 전문가를 양성할 수 있는 점을 명심해야 한다.

프랭크 게리의 'Experiment Music Project ([그림 1] 참조)'는 서로 다른 모양과 패턴의 패널들이 모여 하나의 건물피피로서 완성



[그림 1] Experiment Music Project (프랭크 게리)

되었을 때 얼마나 아름다울 수 있는가를 잘 보여주는 예이다. 건설프로젝트 참여자들도 각각 다른 역할과 목표를 가지고 프로젝트에 참여한다. 이러한 '서로 다른 점'이 잘 모아질 수 있다면, 그 무엇보다도 아름다운 결과를 만들어낼 수 있을 것이다. BIM은 서로의 의사소통과 조화를 극대화할 수 있는 힘을 가지고 있다. 이 좋은 무기를 어떻게 사용할 것인가는 우리의 과제이다. 검토를 오늘 시작했다고 다음 날 짚단을 뿔 수 없듯이, BIM이라는 무기를 잘 쓰기 위해서는 많은 연습시간과 시행착오가 필요하다. 서두르지 않고 조금씩 준비한다면 각 개인에 가장 잘 맞는 권법을 개발하고 효과적으로 활용할 수 있는 날이 올 것이다. S

참고문헌

- ① 김우영(2010), "공공 분야로의 BIM 확산을 위한 정책 로드맵" CERIK 저널(9월호), 25-27.
- ② 김우영(2011), "BIM 활성화 위한 정책 지원 방향, 국가차원 BIM 로드맵 수립... 건설 주체들 공감대 형성돼야", 건설경제, 2011. 3. 8.
- ③ 김인현(2009), "BIM의 올바른 국내 정착을 위한 제언", 건설관리, 10(5), 20-25.
- ④ 김인현(2010), "[사론] BIM 확산의 장애요인을 제거할 때다", 건설경제, 2010. 11. 22.
- ⑤ 김재준(2010), "국내 BIM 정착과 발전을 위한 제언 - 실무적·제도적 관점", 건축, 54(1), 78-80.
- ⑥ 남기범, 최광주, 백동현, 김성희, 정형용, 정상웅, 양순식, 손영선(2010), "BIM 활성화 방안에 관한 연구", 2010 대한전기학회 전기설비부문회 추계학술대회, 충남 천안시 동남구 11월 12일-13일, 501-502.
- ⑦ 박정욱, 김상철, 이상수, 송하영(2009), "사례 분석을 통한 국내 BIM 적용 문제점 및 대안 도출에 관한 연구", 한국건축사공학회지, 9(4), 93-102.
- ⑧ 봉승권(2011), "약 5년 후, 건설시장은 BIM이 지배한다", 건설경제, 2011. 4. 29.
- ⑨ 손영기(2008), "BIM 적용에 대한 실무설계의 시각과 정책적 방향" 건축, 52(6), 44-47.
- ⑩ 송설민, 김예상, 진상윤, 권순욱(2010), "IPD 도입을 위한 국내 건설기술자의 인식 분석", 한국건설관리학회 논문집, 12(2), 72-80.
- ⑪ 이강(2011a), "BIM 없이도 아무 문제없다?", 43가지 질문으로 읽는 BIM - BIM 히치하이커를 위한 안내서, 픽셀하우스, 서울, 96-98.
- ⑫ 이강(2011b), "국내 BIM 기반 프로젝트, 어떤 것이 있었나요?" 43가지 질문으로 읽는 BIM - BIM 히치하이커를 위한 안내서, 픽셀하우스, 서울, 158-161.
- ⑬ 이진우(2011), "부실 건설사 줄도산 사태, 금융당국 시장의 판단", 이데일리, 2011. 4. 14.
- ⑭ 이태열, 이강(2010), "BIM 인식확대를 위한 국가건설기술자 교육과정 활용에 관한 제언", 빌딩스마트협회 발간퍼런스, 2010, 황성, 강원도, 12월 2일-12월 4일.
- ⑮ AIA(2007), "Integrated Project Delivery: A Guide." AIA, Washington D.C.
- ⑯ Kieran, S., and Timberlake, J.(2003), Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies are Poised to Transform Building Construction, McGraw-Hill, New York.
- ⑰ Sive, T., and Hays, M.(2009), "Integrated Project Delivery: Reality and Promise - A Strategist's Guide to Understanding and Marketing IPD." Society for Marketing Professional Services (SMPS) Foundation, Alexandria, VA.